

水利引水工程施工中的隧洞开挖与支护技术优化研究

王云平

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 841100

摘要: 本文旨在探讨水利引水工程施工中隧洞开挖与支护技术的优化策略。通过分析当前隧洞开挖与支护技术的现状与挑战,提出针对性的优化措施,以期提高施工效率、降低安全风险,并保障工程质量。本文不涉及具体案例分析或实证研究,而是从理论层面进行深入探讨。

关键词: 水利引水工程; 隧洞开挖; 支护技术; 优化策略

引言

水利引水工程作为基础设施建设的重要组成部分,对于促进区域经济发展、保障民生用水具有重要意义。隧洞作为水利引水工程的关键环节,其开挖与支护技术的优劣直接影响工程质量和施工安全。因此,对隧洞开挖与支护技术进行优化研究,对于提升水利引水工程整体水平具有重要意义。

1 水利引水工程施工中的隧洞开挖技术现状与挑战

在水利引水工程的宏大画卷中,隧洞开挖技术无疑扮演着举足轻重的角色。它不仅关乎工程的进度与质量,更直接影响到整个水利系统的安全与效能。随着科技的进步和工程实践的深入,隧洞开挖技术已形成了一套相对完善的体系,但同时也面临着诸多挑战,尤其是在地质复杂性、安全风险及施工效率方面。

1.1 隧洞开挖技术概述

隧洞开挖技术,作为水利引水工程中的核心环节,其方法多样且各具特色。主要可归纳为全断面开挖法、导洞开挖法以及分部开挖法三大类。(1)全断面开挖法:顾名思义,即一次性开挖整个隧洞断面。这种方法适用于地质条件相对简单、围岩稳定性较好的情况,能够大幅提升施工速度,减少工期。然而,它对设备的要求较高,且在地质复杂区域应用时风险较大。(2)导洞开挖法:先开挖一个小断面作为导洞,再通过导洞进行扩大开挖。这种方法适用于地质条件较为复杂、需要边开挖边支护的情况。它能够提前探明地质情况,降低施工风险,但相应地,施工周期会相对延长。(3)分部开挖法:将隧洞断面划分为若干部分,按顺序逐步开挖。这种方法灵活性高,适用于各种地质条件,特别是地质条件极为复杂、需要严格控制开挖引起的地表沉降和围岩变形的情况。然而,其施工组织 and 协调难度也相对较大。

1.2 面临的挑战

1.2.1 地质复杂性

水利引水工程隧洞往往需穿越复杂多变的地质区域,如断层、破碎带、岩溶发育区等。这些地质条件不仅增加了开挖的难度,还可能引发一系列地质灾害,如坍塌、涌水、泥石流等。特别是在断层和破碎带,围岩稳定性极差,开挖过程中极易发生失稳现象,对施工安全构成严重威胁^[1]。此外,地质条件的复杂性还可能导致隧洞轴线偏移、超挖或欠挖等问题,影响隧洞的整体质量和功能。

1.2.2 安全风险

隧洞开挖过程中的安全风险不容忽视。除了地质条件引发的自然灾害外,施工过程中的机械故障、操作失误、支护不当等也可能导致安全事故的发生。特别是坍塌和突水事故,一旦发生,往往造成严重后果,甚至危及施工人员的生命安全。因此,加强安全管理、提高施工人员的安全意识和应急处理能力、完善支护体系成为降低安全风险的关键。

1.2.3 施工效率

在现代水利引水工程建设中,施工效率直接关系到工程的投资回报和社会效益。然而,传统开挖方法由于技术限制和工艺流程的限制,往往存在施工周期长、效率低等问题。特别是在地质复杂区域,施工效率更是受到严重影响。这不仅增加了工程成本,还可能延误工期,影响整个水利系统的运行计划。因此,如何提高隧洞开挖的施工效率,成为水利引水工程建设中亟待解决的问题。

2 水利引水工程施工中的隧洞支护技术现状与挑战

在水利引水工程的宏伟蓝图中,隧洞支护技术作为确保工程安全与稳定的关键一环,其重要性不言而喻。隧洞支护技术通过一系列科学合理的手段,有效提升隧洞围岩的稳定性,防止因地质条件、施工扰动等因素导致的坍塌和变形,从而保障隧洞施工和运营的安全。然而,随着工程实践的深入,隧洞支护技术也面临着诸多

挑战, 这些挑战不仅关乎技术的有效性, 还涉及成本控制、环境保护等多个层面。

2.1 支护技术概述

隧洞支护技术是一个多元化的技术体系, 主要包括锚杆支护、钢支撑支护、喷射混凝土支护等几种主要方法。(1) 锚杆支护: 通过向围岩中打入锚杆, 利用锚杆与围岩之间的粘结力和摩擦力, 提高围岩的自承能力, 从而增强隧洞的整体稳定性。锚杆支护具有施工简便、成本低廉的优点, 但在某些复杂地质条件下, 其支护效果可能受限。(2) 钢支撑支护: 采用钢架、钢拱架等刚性结构对隧洞围岩进行支撑, 以抵抗围岩的变形和坍塌。钢支撑支护适用于地质条件较差、围岩稳定性较差的情况, 但其材料成本高, 施工难度大, 且对隧洞断面有一定的侵占。(3) 喷射混凝土支护: 通过喷射设备将混凝土材料均匀地喷射到隧洞围岩表面, 形成一层混凝土衬砌, 以提高围岩的强度和稳定性。喷射混凝土支护具有施工速度快、支护效果好的特点, 但在某些情况下, 如围岩裂隙发育、渗水量大时, 其支护效果可能受到影响。

2.2 面临的挑战

2.2.1 支护效果不稳定

隧洞支护效果的不稳定性是支护技术面临的一大挑战。这主要受地质条件和施工工艺的双重影响。地质条件的复杂性, 如断层、破碎带、岩溶等, 使得支护技术难以准确预测和应对围岩的变形和坍塌^[2]。同时, 施工工艺的差异性也可能导致支护效果的不稳定。例如, 锚杆的打入深度、钢支撑的安装精度、喷射混凝土的厚度和强度等, 都可能因施工操作的不当而影响支护效果。

2.2.2 材料消耗大

传统支护技术往往伴随着大量的材料消耗, 这不仅增加了工程的成本, 还可能对资源造成浪费。特别是在地质条件较差的情况下, 为了确保支护效果, 可能需要采用更加密集和厚重的支护结构, 从而进一步推高了材料消耗和成本。如何在保证支护效果的同时, 有效控制材料消耗和成本, 成为隧洞支护技术面临的一大难题。

2.2.3 环境影响

随着环保意识的日益增强, 隧洞支护技术对环境的影响也日益受到关注。部分支护材料, 如钢支撑等, 在生产、运输和使用过程中可能产生环境污染。此外, 支护过程中产生的废弃物也可能对周边环境造成不良影响。如何在确保支护效果的同时, 减少对环境的影响, 实现绿色施工, 是隧洞支护技术面临的又一重要挑战。

3 水利引水工程施工中隧洞开挖与支护技术优化策略

3.1 开挖技术优化

3.1.1 引入先进开挖设备

在隧洞开挖过程中, 传统的人工或小型机械开挖方式已难以满足现代水利引水工程对效率、精度及安全性的要求。因此, 积极引入大型掘进机、盾构机等先进开挖设备成为优化开挖技术的关键。大型掘进机具有强大的开挖能力和高度的自动化水平, 能够连续、高效地进行隧洞开挖, 显著提高施工速度。同时, 通过精确的控制系统, 大型掘进机能够实现精准的开挖断面控制, 减少超挖和欠挖现象, 提高开挖质量。盾构机特别适用于软土、砂土等地质条件下的隧洞开挖。盾构机通过前部的刀盘切削土体, 同时利用盾构壳体的支撑作用, 保持开挖面的稳定, 有效防止坍塌和地表沉降。此外, 盾构机还具备同步注浆、衬砌安装等功能, 实现了开挖与支护的一体化作业, 进一步提高了施工效率。引入先进开挖设备不仅提升了施工效率, 还通过减少人工操作降低了安全风险, 为隧洞开挖技术的现代化、智能化发展奠定了坚实基础。

3.1.2 优化开挖顺序

隧洞开挖顺序的合理安排对于提高开挖效率、减少围岩扰动及保证施工质量至关重要。优化开挖顺序应充分考虑地质条件、施工条件及工期要求等多方面因素。一是分段开挖: 根据隧洞长度和地质条件, 将隧洞划分为若干段, 分段进行开挖。这有助于减少一次性开挖对围岩的扰动, 降低坍塌风险。二是分层开挖: 对于地质条件复杂的隧洞, 可采用分层开挖的方式。先开挖上层或较稳定的部分, 待上层支护完成并稳定后, 再开挖下层或较不稳定的部分。这有助于控制开挖过程中的围岩变形和坍塌^[3]。三是先导洞开挖: 在地质条件极为复杂或不确定性较大的情况下, 可先开挖一个小断面作为先导洞, 通过先导洞探明地质情况, 为后续开挖提供准确依据。优化开挖顺序不仅提高了开挖效率和质量, 还通过减少不必要的开挖和支护作业降低了施工成本。

3.1.3 加强地质预测与监测

地质条件的复杂性是隧洞开挖过程中面临的主要挑战之一。加强地质预测与监测, 提前探测地质异常体, 对于预防地质灾害、保障施工安全具有重要意义。(1) 地质雷达: 利用电磁波在介质中传播的特性, 对隧洞前方进行探测, 能够准确识别断层、破碎带、岩溶等地质异常体, 为开挖提供提前预警。(2) TSP超前地质预报: 通过激发和接收地震波在围岩中的传播信号, 对隧洞前方的地质情况进行预报。TSP技术能够准确判断围岩的力学性质、裂隙发育情况及涌水可能性等, 为开挖方案的制定提供科学依据。(3) 实时监测: 在开挖过程

中,应加强对围岩变形、应力状态及地表沉降等指标的实时监测。通过布置监测点、安装监测仪器等手段,实时掌握围岩的动态变化,及时发现并处理潜在的安全隐患。加强地质预测与监测不仅提高了施工安全性,还通过提前发现地质问题并采取措施进行处理,避免了因地质条件不明而导致的施工延误和成本增加。同时,实时监测数据还为后续支护方案的设计和优化提供了重要依据。

3.2 支护技术优化

3.2.1 创新支护材料

随着科技的进步和环保意识的增强,研发新型环保、高效的支护材料成为支护技术优化的重要方向。传统支护材料往往存在材料消耗大、环境影响显著等问题,而新型支护材料的出现则有效解决了这些难题。自进式中空注浆锚杆便是一种颇具创新性的支护材料。它结合了锚杆的锚固作用与注浆的加固效果,通过中空设计实现注浆料的均匀分布,有效提高了锚杆的承载能力和抗拔力。这种锚杆不仅施工简便、效率高,还能显著减少材料消耗,降低对环境的影响。同时,其良好的耐久性也使得隧洞的长期稳定性得到了有力保障。高性能喷射混凝土则是另一种值得推广的新型支护材料。通过优化混凝土配合比、改进喷射工艺,高性能喷射混凝土具有更高的强度、更好的耐久性和更优异的抗渗性能。它能够迅速形成致密的支护层,有效抵御隧洞围岩的变形和破坏,为隧洞施工提供坚实的安全保障^[4]。此外,高性能喷射混凝土还能减少施工过程中的噪音和粉尘污染,进一步提升了施工环境的友好性。

3.2.2 优化支护设计

支护设计的优化是支护技术优化的另一重要方面。传统的支护设计往往基于经验或静态分析,难以准确反映隧洞围岩的实际状况。因此,采用动态设计方法成为支护设计优化的新趋势。动态设计方法强调根据隧洞围岩的实际情况,如地质条件、围岩性质、应力状态等,及时调整支护参数和结构形式。通过实时监测围岩的变形和应力变化,施工人员可以及时发现潜在的安全隐患,并据此调整支护方案。例如,在围岩较为破碎或应力集中的区域,可以增加支护结构的强度和刚度;在围岩较为稳定或应力较小的区域,则可以适当简化支护结构,降低施工成本。动态设计方法的实施需要依赖先进的监测技术和数据分析手段。通过布置位移计、应力计等监测仪器,实时采集围岩的变形和应力数据,并利用

数据分析软件进行处理和分析,施工人员可以更加准确地掌握围岩的动态变化,为支护设计的优化提供科学依据。

3.2.3 加强支护施工质量控制

支护施工质量的优劣直接关系到隧洞的稳定与安全。因此,加强支护施工质量控制成为支护技术优化的必不可少的一环。建立完善的支护施工质量管理体系是加强质量控制的基础。这包括明确施工流程、制定详细的施工规范、设立专门的质量管理岗位等。通过这些措施,可以确保支护施工过程中的每个环节都得到有效的控制和管理。加强施工过程中的质量检测和监控则是提升支护施工质量的关键。施工人员应定期对支护结构进行检测,如检查锚杆的锚固力、混凝土的强度等,确保支护结构符合设计要求。同时,还应利用先进的监测技术对支护结构的变形和应力进行实时监测,及时发现并处理潜在的安全问题。此外,加强施工人员的培训和教育也是提升支护施工质量的重要途径。通过定期组织培训活动,可以提高施工人员的技能水平和质量意识,确保他们能够严格按照施工规范进行操作,为支护施工质量的提升提供有力保障。

结语

通过对隧洞开挖与支护技术的优化研究,本文提出了引入先进开挖设备、优化开挖顺序、加强地质预测与监测、创新支护材料、优化支护设计和加强支护施工质量控制等策略。这些策略的实施将有助于提高隧洞开挖与支护技术的整体水平,推动水利引水工程建设的可持续发展。未来,随着科技的不断进步和创新,隧洞开挖与支护技术将迎来更多发展机遇,将为水利引水工程建设提供更加高效、安全、环保的解决方案。同时,加强国际交流与合作,借鉴国际先进经验和先进技术,也是推动我国隧洞开挖与支护技术发展的重要途径。

参考文献

- [1] 巩建军.基于水电站引水隧洞开挖及支护技术的研究[J].内蒙古水利,2021,(09):50-51.
- [2] 刘榴.分析水利工程引水隧洞开挖支护施工技术[J].科技创新导报,2018,15(10):31-32.
- [3] 向胜.水电站引水隧洞开挖及支护技术[J].云南水力发电,2023,39(11):209-213.
- [4] 甄文凯.水电站引水隧洞开挖及支护施工工艺[J].中国高新科技,2021,(02):53-54.